



# IGME

# 32

## MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

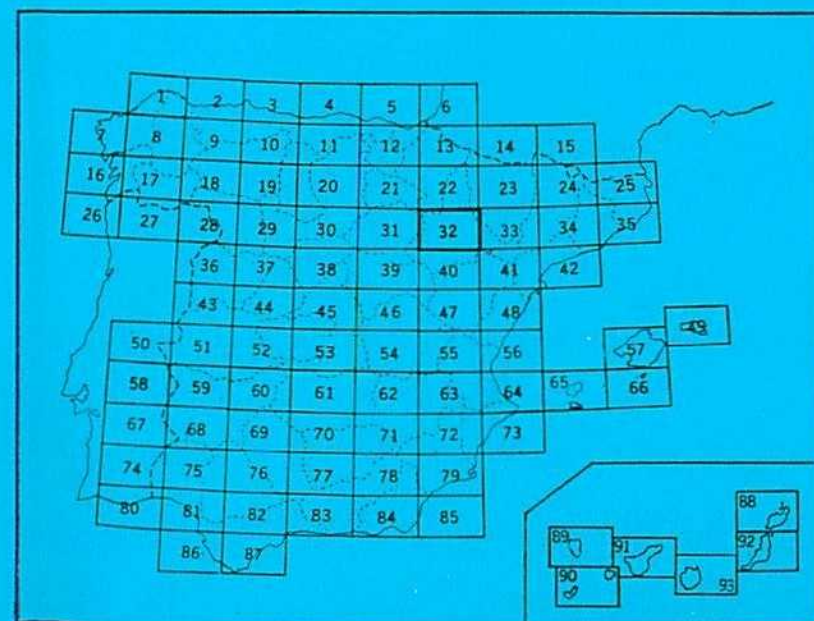
E. 1:200.000

Síntesis de la Cartografía existente

# ZARAGOZA

Primera edición

INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS. 23 · MADRID-3



# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:200.000

Síntesis de la Cartografía existente

## ZARAGOZA

Primera edición

*Esta Memoria explicativa ha sido redactada por O. RIBA con la colaboración de A. MALDONADO, C. PUIGDEFABREGAS, J. QUIRANTES y J. VILLENA, del Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Barcelona.*

Editado  
por el  
Departamento de Publicaciones  
del  
Instituto Geológico y Minero  
de España  
Ríos Rosas, 23 - Madrid - 3

Depósito Legal: M - 15 - 1971

---

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Madrid-16

## INTRODUCCION

La Hoja n.º 32 del Mapa Geológico de España, a escala 1:200.000, es la síntesis de los trabajos publicados hasta la fecha y reseñados en la bibliografía que acompaña a esta Memoria. Del mismo modo se han utilizado los trabajos originales, realizados con vistas a la confección de los Mapas Litológicos, a la misma escala, de las provincias de Zaragoza y Huesca, para lo cual ha sido precisa la adaptación a la nueva base topográfica y la conversión de los signos litológicos en unidades cronoestratigráficas.

Para evitar repeticiones, hacemos constar que la mitad oriental, y zona al N. del Ebro ha sido elaborada por J. QUIRANTES en su Tesis de Doctorado (1969, inéd.) y el resto de la depresión del Ebro lo ha sido por O. RIBA, C. PUIGDEFABREGAS y A. MALDONADO; la depresión terciaria de Calatayud lo ha sido por MALDONADO y RIBA; y, finalmente, la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica ha sido objeto de revisiones de campo por parte de PUIGDEFABREGAS, MALDONADO y RIBA, partiendo de datos publicados por LOTZE, RICHTER, TISCHER y MENSINK.

Las principales unidades geológicas que cabe distinguir en esta Hoja son, de NE. a SO., las siguientes:

1. La Depresión terciaria del Ebro, ocupada predominantemente por terrenos miocenos, continentales y cuaternarios.
2. La Rama Aragonesa de la Cordillera compuesta por:
  - a) El zócalo Paleozoico (terrenos cámbricos y silúricos).
  - b) La cobertera mesozoica triásica, jurásica y cretácica.
3. La Depresión de Calatayud, rellena por el Mioceno continental.
4. La Rama interna o castellana de la Cordillera Ibérica compuesta por el Paleozoico (Cámbrico).

## I — ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía del Paleozoico de este sector de la Cordillera Ibérica se debe en gran parte a LOTZE (1929, 1960, 1961). Las distintas formaciones que él distingue se localizan fácilmente en el profundo valle del Jalón, entre Morata y Alhama de Aragón; y en el valle del Jiloca, cerca de Murero. En el primer trabajo, el mencionado autor no advirtió la presencia del Precámbrico, cosa que ha descubierto más recientemente.

### A — PRECAMBRICO

El Precámbrico o Algónquico ha sido identificado y señalado en los mapas geológicos hace relativamente pocos años. Según LOTZE (1956, 1960) la identificación del Precámbrico se realiza mediante los siguientes caracteres geométricos, estructurales o paleoclimáticos: 1.º Que forme una serie colocada por debajo del Cámbrico Inferior datado paleontológicamente; 2.º que se encuentre plegado y en discordancia angular bajo la serie cámbrica; es decir que haya mediado la fase de plegamiento asintico; y 3.º la presencia de tillitas, indicadoras de una época glaciaria muy difundida por toda la tierra durante el Algónquico Superior, próximo al límite del Cámbrico. Según el citado autor, el Precámbrico de este sector de la Ibérica está constituido por la formación llamada «Pizarras de Paracuellos», que aflora entre Jarque y Paracuellos, hasta la carretera Nacional 2; la cual está recubierta por las «Cuarzitas de Bámbola» que constituyen la formación basal del Cámbrico Inferior. Entre ambas formaciones hay, al parecer, una discordancia angular, anteriormente interpretada por LOTZE como una superficie de cabalgamiento. Según SCHMIDT-THOMÉ (1968), las pizarras de Paracuellos son pizarras arcillosas dominantes, de colores pardo-rojizo, amarillo pardusco, gris oscuro y azulado, con areniscas micáceas. Hay en la parte baja un banco de 3 metros de ortocuarzitas. La serie tiene, según BARTSCH, una potencia comprendida entre 500 y 1.500 metros. En esta serie no se han encontrado tillitas como ocurre en el Precámbrico de Narcea (Asturias); pero en cambio ofrece dudas en cuanto a la atribución estratigráfica al Precámbrico. Esta serie de Pizarras de Paracuellos es paralelizable con las «Filitas de Anguiano» de la Sierra de la Demanda.

## B — CAMBRICO

Están representados, en esta Hoja n.º 32, las formaciones atribuidas a los tres pisos característicos: inferior, medio y superior. Según LOTZE (1961) el perfil normal del Cámbrico de la Ibérica consta de las siguientes formaciones:

### ORDOVICICO

Cuarcitas armoricanas. Skiddaw.  
Falta el Tremadoc  
~ Discordancia débil (fase sarda).

|          |      |      |                                |            |                  |
|----------|------|------|--------------------------------|------------|------------------|
| CAMBRICO | SUP. | {    | 11. Capas de Ateca             | > 2.000 m. | ~ Discord. débil |
|          |      |      | 10. Capas del Jiloca           | 450 m.     |                  |
|          | MED. | {    | 9. Capas de Villafeliche       | 250 m.     |                  |
|          |      |      | 8. Capas de Murero             | 150 m.     |                  |
|          | INF. | sup. | 7. Capas de Valdemiedes        | 50 m.      |                  |
|          |      |      | 6. Cuarcitas de Daroca         | 120 m.     |                  |
|          |      | med. | 5. Pizarras de Huérmeda        | 80 m.      |                  |
|          |      |      | 4. Dolomías de Ribota          | 90 m.      |                  |
|          |      | inf. | 3. Capas abigarradas del Jalón | 300 m.     |                  |
|          |      |      | 2. Capas de Embid              | 350 m.     |                  |
|          |      |      | 1. Cuarcitas de Bámbola        | > 300 m.   |                  |

### PRECAMBRICO

~ Discordancia angular (fase asintica)  
Pizarras de Paracuellos 500 a 1.500 m.

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Potencia total del Cámbrico: | > 4.140 m. |
| Potencia del Cámbrico sup.   | > 2.450 m. |
| Potencia del Cámbrico medio: | 400 m.     |
| Potencia del Cámbrico inf.:  | > 1.290 m. |

SCHMIDT-THOMÉ (1968) en su tesis sobre estratigrafía detallada del Cámbrico inf. de este sector de la Ibérica, describe las mismas series, pero con potencias distintas: Cuarcitas de Bámbola: 310 m.; Capas de Embid: 295 m.; Capas abigarradas del Jalón: 147 m.; Dolomías de Ribota: 76 m.; Pizarras de Huérmeda: 80 m.; Cuarcitas de Daroca: 62 m.; que sumadas a las capas de Valdemiedes, dan para el Cámbrico inf. 975 m.; algunos 300 m. de diferencia menos.

Véase la composición de cada una de las formaciones:

1. *Cuarcitas de Bámbola*. Nivel basal de cuarcitas y areniscas, con algún nivel de conglomeradillos; alguna rara pizarra. Estratificación cruzada. Son estériles.
2. *Capas de Embid*. Nivel basal: pizarras arcillosas, de color verde oliva, con intercalación de cuarcitas (100 m.); encima: grauackas y arkosas, con *Scolithus*, ripple-marks, marcas de corriente (250-200 m.).
3. *Capas abigarradas del Jalón*. Cuarcitas y grauackas, areniscas y pizarras, en la parte basal. En la parte superior: intercalaciones de bancos de caliza dolomítica y dolomías. Colores azul, violeta, rojizo, verde claro. Abundantes estructuras sedimentarias, ripple-marks, huellas de rep-tación y burrowing. También son muy frecuentes los niveles pirritizados y no son raras las pizarras cupríferas (malaquita), especialmente en la Sierra del Tablado y Jarque. Son estériles.

4. *Dolomías de Ribota*. Dolomías, calizas dolomíticas y alguna caliza (rara), con intercalaciones de margas pizarreñas que encierran la fauna determinable más antigua del Cámbrico. En la base del tramo superior: *Lusatiops ribotanus*; *Kingaspis velatus*; *Metadoxides* sp.; *Palaeolenus velatus* n.sp. determinados por SDZUY.
5. *Pizarras de Huérmeda*. Pizarras arcillosas micáferas, con algún banco de areniscas o cuarcitas en la parte superior e inferior. Esta formación pasa a las dolomías de Ribota por una estrecha zona de pizarras y carbonatos alternantes. En un nivel muy próximo a la base se encontró una fauna de trilobites que, según SDZUY, es: *Lusatiops ribotanus*; *Micmacca* aff. *coloi*; *Redlichia* sp.; *Pruvostina farta* n.sp.
6. *Cuarcitas de Daroca*. Cuarcitas, areniscas cuarcíticas grises y blanquecinas con algunas intercalaciones pizarreñas. Contienen algunas formas afines a *Hyolithes*.
7. *Capas de Valdemiedes*. Petrográficamente las capas de Valdemiedes y la unidad siguiente o capas de Murero constituyen la misma formación; pero unidades cronoestratigráficamente distintas. Tiempo atrás LOTZE llamaba capas de Mureros a todo el conjunto, y las subdividía en un complejo inferior A, y un complejo superior B. Están constituidas por gruesos bancos de rocas margosas y arcillosas (no pizarras) con elementos detríticos finos, gris oscuro o verdoso, con bajo contenido en calizas o dolomías. Ya DEREIMS (1898) y DONAYRE acusaron su gran riqueza en trilobites, de la que LOTZE y SDZUY citan la siguiente asociación en las capas de Valdemiedes: *Lusatiops* sp.; *Termierella* sp.; *Hamatolenus ibericus*; *Alueva undulata*; *Resserops* (?); que pertenecen aún al Cámbrico Inferior, y además así lo indica la ausencia absoluta de *Paradoxides*. Por esta razón, LOTZE separó en dos unidades cronoestratigráficas parte del complejo A de las capas de Murero al Cámbrico inf. (C. de Valdemiedes) y el resto lo pasa a la unidad superior (C. de Murero) que ya pertenecen al Cámbrico Medio.
8. *Capas de Murero*. Pertenecen al antiguo complejo superior B y parte alta del inferior A. Basándose en las colectas sistemáticas de trilobites, se pueden distinguir tres subpisos con sus fósiles característicos (véase la lista completa en LOTZE, 1961):
  - a) Capas inferiores de Murero: *Paradoxides mureoensis*, *Hamatolenus* (Lotzeia) *lotzei*, *Alanisia hastata*.
  - b) Capas medias de Murero: *Paradoxides rouvillei*, *Pardailhanian*, *Parabailiella*.
  - c) Capas superiores de Murero: *Conocoryphe heberti*.

9. *Capas de Villafeliche*. Guardan petrográficamente afinidades con las margas verdosas y azuladas de Murero; pero a éstas se añaden intercalaciones de areniscas, cuarcitas y calizas dolomíticas y dolomías calcáreas. En la base de la formación se han encontrado: *Paradoxides* cf. *brachyrhachis*; *Solenopleuropsis marginata marginata*; *Ctenocephalus* cf. *bergeroni*; *Bailiella barriense*. Que continúan siendo del Cámbrico Medio.
10. *Capas del Jiloca*. a) Parte inferior (200 m.), o *Capas inferiores del Jiloca*, se componen de una alternancia rítmica de pizarras, areniscas y grau-wackas, muy ricas en pistas y marcas de fondo (véase en LOTZE, 1929, la figura 58, en la que se aprecia un típico "flute cast." Se trata de una estructura sedimentaria muy característica para hacer pensar que esta formación sea un Flysch equivalente al descrito por COLCHEN (1969) en la formación llamada «Alternancias del Najerilla» de la Sierra de la Demanda, situadas en el Cámbrico Superior). No se han hallado en ellas fósiles con valor cronoestratigráfico. b) Parte superior o *Capas superiores del Jiloca* (200 m.). Dominan las pizarras arcillosas gris-azul-verduscas; raramente detríticas. En las capas del Jiloca sólo se han encontrado *Cruziana*, *Bilobites* y *Vexillum*.
11. *Capas de Ateca*. Entre Daroca y Santed, se puede seguir el siguiente perfil (carretera de Daroca a Molina de A.):

|                      |   |               |   |
|----------------------|---|---------------|---|
| CAPAS<br>DE<br>ATECA | { | SUP. 700 m.   | { Pizarras con algo de arenisca (brechas de pizarra en la base). $\gamma_2$<br>Cuarcitas y areniscas $\gamma_1$   |
|                      |   | MED. 450 m.   | { Pizarras arcillosas 400 m. $\beta_2$<br>Cuarcitas 20-30 m. $\beta_1$  |
|                      |   | INF. 1.000 m. | { Pizarra arcillosa sup. 350 m. $\alpha_4$<br>Cuarcita sup. 50 m. $\alpha_3$<br>Pizarra arcillosa inf. 400 m. $\alpha_2$<br>~~~ Discordancia<br>Cuarcitas y areniscas basales 150-300 m. $\alpha_1$ |

Las capas de Ateca son ricas en restos de braquiópodos inarticulados, especialmente lingúlidos. Del horizonte  $\alpha_1$  se ha podido determinar *Lingulella* cf. *davisii* McCoy. Dicha formación puede ser considerada como equivalente de las *Lingula* - Flags de Inglaterra. Cabe señalar, en la base de  $\alpha_2$ , la presencia de un conglomerado que muestra una suave discordancia angular en la base del mismo.

El Cámbrico Superior se halla bien representado en los macizos de Tabuena, Sierra del Tabaldo y el importante macizo entre Cariñena, Codos y Tierga. Asoma igualmente en el flanco norte del Moncayo, bajo la discordancia angular, visible en la ermita del Moncayo; aunque anteriormente este afloramiento fue atribuido al Silúrico por GOMEZ DE LLARENA y los autores de la Hoja 1:50,000 de «Tabuena».

En el macizo de Tabuena, BATALLER y LARRAGAN (1955), describen la serie formada por pizarras y cuarcitas con *Scolithus* y *Fraena rouaulti*. Los mismos autores, junto con GOMEZ DE LLARENA (1971), atribuyen el manchón del NE. del Moncayo al Ordovícico; aunque LOTZE, por el contrario, le da una edad Cámbrica Superior.

## C y D — SILURICO Y DEVONICO

No figura en esta Hoja ningún afloramiento de estas edades.

## E — CARBONIFERO (?)

En el macizo del Moncayo algunos autores han señalado la presencia de un Carbonífero de posición muy incierta. Por una parte, el P. BARNOLA encontró cerca de la cumbre del Moncayo una impresión borrosa de un tallo de *Calamites* o *Equisetites* (en BATALLER y LARRAGAN; 1955, pp. 30-32). Por otra, el Dr. SOLE SABARIS (com. verb.) nos confirmaría una edad carbonífera o pérmica con hallazgos de la misma naturaleza, aunque ninguno de dichos hallazgos haya podido ser analizado paleontológicamente.

El problema estratigráfico consiste en que encima del Cámbrico aflorante en la Ermita de Ntra. Sra. del Moncayo descansa, en discordancia muy manifiesta, visible en el mismo santuario, una serie detrítica roja, muy potente, compuesta por conglomerados silíceos, areniscas silíceas, argilitas apizarradas rojizas, areniscas grises, etc. Dicha formación ha sido reconocida como ligeramente metamórfica por parte de todos los autores que han estudiado el macizo del Moncayo. Desde luego, se encuentra por debajo del Buntsandstein típico de Beratón, Añón, Cuevas de Agreda, etc. Entre el tramo superior y el inferior no se ha señalado ninguna discordancia intraformacional. Los cortes del Moncayo publicados sucesivamente por GOMEZ DE LLARENA (1917), RICHTER (1930) y BATALLER y LARRAGAN (1955) coinciden en esencia en esta disposición estratigráfica. Sin embargo, los últimos citados atribuyen al Carbonífero la parte inferior de la serie roja detrítica; mientras que los dos primeros apoyan la edad triásica para todo el conjunto.

Aunque no descartemos la hipótesis carbonífera de la parte inferior de la serie roja detrítica, ligeramente metamórfica, más bien nos inclinamos a pensar que tal vez la parte inferior de la serie, al igual que en otros lugares de la Península, pudiera estar representado el Pérmico, que se ofrece siempre en fa-

cies rojizas que pueden ser confundidas con el Buntsandstein. La cuestión planteada aún está muy lejos de haber hallado la solución definitiva. (\*)

## F — TRIASICO

Estudiado en esta región por WORM y RICHTER y los autores de la Hoja número 352 del mapa 1:50.000 «Tabuenca», está representado por las formaciones típicas del Trias germánico, en el que se diferencian los tres pisos característicos:

### Buntsandstein

Formado por una serie detritica estéril, en la que se pueden distinguir unos conglomerados basales, bien cementados; areniscas silíceas y, en su parte superior, la serie se hace bastante arcillosa. Presentan en general intenso color rojo. La serie rodona de areniscas se presenta en la zona del Moncayo algo metamorfizada, por cuya razón la arenisca es fuertemente cuarcítica.

Se han hallado escasos restos vegetales (*Equisetites*, *Calamites*) de atribución muy dudosa y de los que no se conserva ningún ejemplar para realizar un análisis paleontológico, por lo que cualquier atribución al Carbonífero, al Pérmico o al Buntsandstein es una mera hipótesis de trabajo. La hipótesis sobre la existencia del Pérmico en la parte basal de la serie detritica roja merece ser retenida, al igual como ocurre en el Pirineo y algunos lugares de la Ibérica, aunque la fuerte discordancia angular que separa la serie paleozoica de la mesozoica no es un argumento para admitir la edad triásica de toda la formación.

En la parte alta de la formación existen margas arcillosas y areniscas con yeso o residuos selenitosos que pueden ser confundidos con el Keuper y que TRICALINOS (1928) y RICHTER (1930) califican de facies Röt.

La potencia del Trias Inferior es muy variable. Se presenta un mínimo alargado de NO. a SE. de 35 metros (en Alhama) en el llamado umbral de Ateca, con un notable incremento hacia el Moncayo donde se han medido más de 300 metros.

Potencia, 20-500 metros.

### Muschelkalk

Calcareo, formado por un conjunto calizo dolomítico, que localmente puede representar alguna intercalación margo-arcillosa rojiza.

---

(\*) Sentimos que en la Hoja n.º 32 «Zaragoza» este manchón de edad problemática haya quedado indicado como Carbonífero. Según el análisis estratigráfico basado en todos los documentos publicados hasta el presente, esa facies rojiza del Moncayo, con más verosimilitud pudiera ser atribuida al Pérmico o a un Permotrias indiferenciado de la misma manera como se ha hecho con la formación «Montesoro» de Molina de Aragón.

Techo: Keuper.

Calizas tableadas.

20 m. Calizas margosas en hojas (Wellenkalk) e intercalaciones margosas.

25 m. Calizas y dolomías masivas, brechoides.

3 m. Lajas de caliza margosa.

Yacente, facies Röt.

Potencia, 0-150 metros, muy variable; los fósiles hallados, raros y mal conservados, en la parte superior de la serie, son lamelibranquios y gasterópodos (ver WURM, 1911). El Muschelkalk desaparece en Tabuena y N. de Calacena, en el río Grio, cerca de La Almunia. Según RICHTER, ello se debe a un efecto tectónico, cosa que nosotros no compartimos, y podemos atribuirlo a fenómenos de erosión y slumping pre-jurásicos.

El profesor GEYER (en HINKELBEIN, 1965), partiendo de un perfil detallado del Muschelkalk de Albarracín, hace un análisis estratigráfico del Muschelkalk de algunos perfiles de la Ibérica, y apunta, al igual que lo hace VILLENA, la posibilidad de que el «tramo rojo intermedio» descrito por VIRGILI en Cataluña, se extienda por una gran parte de la Cordillera Ibérica oriental y central. Se trataría de margas o arcillas rojas o abigarradas, eventualmente yesíferas, que separarían un Muschelkalk Inferior o Anisiense del Superior Ladiniense. Este «tramo rojo intermedio» constituye, desde el punto de vista estructural, un nivel de despegue muy notable, lo cual hace que la serie del Muschelkalk no se observe completa en grandes zonas de la Ibérica.

## Keuper

Formado por margas estériles, de colores vivos, especialmente rojizos, muy yesíferos. La halita existe en abundancia en muchos yacimientos. Se intercalan en la serie bancos de margas duras y calizas dolomíticas; faltan las areniscas (cosa que lo distingue del Röt) y en la parte alta hay dolomías cavernosas. Espesor muy variable, debido al carácter plástico; de 100 a 225 metros.

En Carrascosa, Royá, Tierga, Calcena, Beratón, Tabuena y Trasobares se ha registrado la presencia de ofitas (diabasas olivínicas), intercaladas en la parte superior del Keuper.

## Rhetiense

Comprende una serie de dolomías, carniolas y dolomías brechosas, llamadas según los distintos autores que han tratado la estratigrafía de la Ibérica, «Infra-lías», «Suprakeuper» o «Carniolas» y que, estratigráficamente, podrían atribuirse al Rhetiense si tuvieran la *Avicula contorta*. RICHTER atribuye al Triás Superior los 15 metros de dolomías celulares, y los 100 metros siguientes de dolomías masivas, que pasan, sin solución de continuidad, a las calizas del Sinemuriense,

aunque llame «Carniolas» a todo el conjunto. Se comprende que el límite Trias-Lias quede muy impreciso.

Potencia, 60-150 metros.

Potencia total del Triásico, 200 a 900 metros.

## G — JURASICO

En el borde NE. de la Cordillera Ibérica, junto a la Depresión del Ebro, se extienden grandes afloramientos de este sistema; pero el corte mejor y más completo se encuentra en el valle del Jalón, entre Morata y Ricla. Fue descrito primeramente por DONAYRE (1874); luego por JOLY (1927) y, recientemente, ha sido reinterpretado y medido por MENSINK (1966). Según este último autor, el primer segmento se sitúa en la carretera Nacional 2, Kms. 266,5 a 268,0 (Carniolas o Bajociense) y el resto (Bajociense-Wealdico) en la garganta, al O. de Ricla.

### Liásico

Corte de Ricla. Litoestratigrafía (MENSINK, 1966).

Techo: BAJOCIENSE

TOARCIENSE

PLIENSBACHIENSE

+

SINEMURIENSE SUP.

SINEMURIENSE

+

HETTANGIENSE

+

RHETIENSE

9 - 56 m. Alternancia de calizas margosas y margas.

8 - 7 m. Calizas y calcarenitas.  
*Hiato.*

7 - 24 m. Calizas alternando con margas.

6 - 14 m. Calizas.

5 - 72 m. Calizas alternando con margas.

4 - 96 m. Calizas con algún banco de calizas margosas.

3 - 48 m. Calizas grises, en bancos masivos (32 m.); encima calizas detríticas y conglomerados cuarzosos (14 m.)

2 - 48 m. Calizas en bancos masivos y algún banco de dolomías.

1 - 49 m. Dolomías masivas; carniolas en la base. Localmente, en Morata, brechas calcáreas monogénicas de más de 500 m. de potencia.

Yacente: Facies KEUPER

Potencia total Lias + Rhetiense, 414 metros.

La delimitación del Triásico con el Jurásico aún es una cuestión abierta; especialmente la del Rhetiense-Lias Inferior. Sobre las margas yesíferas del

Keuper, sigue un complejo de dolomías y calizas, denominadas por VEZIAN «calizas supratríasicas»; por CALDERON, «Infralías», y por PALACIOS, TORNQUIST, WURM y RICHTER, «Carniolas». En efecto, sobre aquellas margas descansan dolomías celulares, cavernosas oscuras, con estructura brechoidea en la base, sin estratificación aparente (15 m.) que pasan verticalmente a dolomías, calizas dolomíticas y a calizas masivas (niveles 1 a 3) progresivamente más ricas en fósiles. La edad de esta potente serie carbonatada ha sido muy discutida, debido a la carencia de fósiles. MAGNAN (1868) señaló la presencia de *Avicula contorta* en el Pirineo, lo cual permitiría, en aquella zona, atribuir al Rhetiense las calizas dolomíticas basales de la serie que enlaza con el ciclo jurásico. Ahora bien, en la Cordillera Ibérica ese fósil característico, aún no ha sido señalado. TRICALINOS (1928) señaló en Albarracín un *Belemnites* hallado en las calizas directamente sobre las margas del Keuper; aunque supone se trate de un «yacimiento secundario». Hacia la parte alta de la serie, DE REIMS (1898) cita la presencia de formas liásicas: *Pecten hehli* y *P. glaber*. Por lo tanto, la delimitación Trias-Liásico aún no es posible establecer; aunque es probable se encuentre dentro de la serie carbonatada, quizá en el tránsito de las carniolas a las dolomías o calizas dolomíticas.

En Ricla, MENSINK (1966) ha señalado (hor. 4) algún *Echioceras* indeterminable, pero que permite adscribir este horizonte a la zona de *E. raricostatum* del *Sinemuriense Superior*. Encima le siguen capas con braquiópodos y lamelibranquios (*Pecten*, *Pholadomya*, *Pleuromya*) y, de modo destacado, varias especies de *Liogryphaea* además de *Belemnites*, gasterópodos y corales libres.

En el *Pliensbachiense*, la serie litológica cambia poco, aumentan las intercalaciones de margas y en la parte superior se presentan calcarenitas y areniscas alóctonas que delimitan claramente este piso del Toarciense y sirven de horizonte guía. Raros ammonites van acompañados de braquiópodos y lamelibranquios. Sin embargo, al O. del Jalón, MENSINK ha podido delimitar las cinco zonas el *Pliensbachiense* con ammonites afines a las especies características, además de braquiópodos y lamelibranquios, *Belemnites*, *Nautilus* y corales libres.

El mencionado autor ha demostrado la existencia de una laguna sedimentaria en la base del Toarciense, abarcando las zonas de *Harpoceras falciferum* y *Dactyloceras tenuicostatum* del Toarciense inferior. Las margas y calizas margosas que descansan sobre las calcarenitas (niv. 8) son de una riqueza, tanto en formas como en número, muy grande; entre las que destacan los ammonites de las zonas de *H. bifrons* y *L. jurensis*, y de las respectivas subzonas. Se han señalado hasta 15 géneros de ammonitidos; además de sérpulas, *Belemnites*, *Nautilus*, numerosos lamelibranquios, gasterópodos, braquiópodos y equínidos.

En el valle del río Grío, y en las cercanías de Morata y de la Nacional 2, puede observarse en la base del Lias un hecho que merece la debida atención: se trata de una importante formación de brechas calcáreas, casi monogénicas, de elementos calcáreos gris oscuro y cemento también calcáreo gris,

o rojizo, muy coherente que, según un estudio de Juan VALLS (trab. Lic., inéd.) miden, localmente, junto al ferrocarril Calatayud-Zaragoza, más de 500 metros, y con una ausencia total de estratificación y una morfología alomada en grandes panes cónicos. Esta formación descansa indistintamente sobre los tres pisos del Triásico. Localmente, al SE. del Grio, descansa en discordancia angular sobre el Buntsandstein. La interpretación, creemos, requiere más observaciones pues se extiende desde Tabuenca hasta más allá del SE. de Belchite. RICHTER lo atribuye a una brecha de fricción tectónica. Nosotros nos inclinamos a un gran fenómeno de slumping subacuático, precedido por importantes fenómenos de erosión y movimientos epirogénicos, al pie de un abrupto de falla, o graderío de fallas limitando dos unidades geológicas distintas.

## Dogger y Malm

### *Litoestratigrafía (MENSINK, 1966)*

Techo: Conglomerados weáldicos.

|                     |                |  |
|---------------------|----------------|--|
| KIMMERIDGENSE       | 19 - 210,0 m.  | } Calizas, calizas detríticas, areniscas calcáreas con estr.x; en la parte sup. hay intercalación de 28 m. de calizas estériles. |
|                     | 18 - 15,6 m.   |  |
| OXFORDIENSE         | 17 - 14,6 m.   | Calizas detríticas y margas.   |
|                     | 16 - ~100,0 m. | Calizas detríticas oscuras bituminosas y margas intercaladas; en parte recubiertas por derrubios.                                |
| CALLOVIENSE         | 15 - 50,0 m.   | Calizas en grandes bancos alternando con alguna marga (28 m.), encima calizas detríticas y margas (22 m.).                       |
| BATHONIENSE         | 14 - 33,0 m.   | Calizas margosas en la base, calizas masivas (14 m.) y conglomerados calcáreos (intraclastos).                                   |
|                     | 13 - 7,0 m.    | Calizas alternando con margas.   |
|                     | 12 - 27,5 m.   | Calizas y calizas margosas, algo bituminosas.  |
| BAJOCIENSE          |                | Hiato sedimentario   |
|                     | 11 - 3,15 m.   | Conglom. de intraclastos y areniscas calcáreas.  |
|                     |                | Hiato sedimentario   |
|                     | 10 - 2,3 m.    | Areniscas calcáreas.   |
| Yacente: TOARCIENSE | 9 -            | Margas y algunas calizas margosas.   |

Potencia total del Dogger: 222,9 m.

Potencia total del Malm: 30,2 + 210 m. = 240,2 m.

En el paso del Liásico al Dogger la sedimentación va haciéndose progresivamente más tranquila, con mayores aportes continentales y los hiatos sedimentarios más frecuentes. Concretamente, en el *Bajociense* de Ricla, faltan las zonas de *Tmetoceras scissum* y la de *Sonninia sowerbyi*; y hacia el SO. y O. (Soria, Aldealpozo, Ciria), faltan además las zonas de *Strenoceras subfurcatum*; *Garantiana garantiana* y *Parkinsonia parkinsoni*. Las demás zonas de ammonites del Bajociense han sido reconocidas por MENSINK en este ámbito de la Ibérica, siendo, en general, más fosilíferos los perfiles situados más al O. del área abarcada por esta Hoja. Litológicamente, en el Bajociense hay una tendencia de las calizas masivas a hacerse oolíticas, con pasadas detríticas, hacia la zona soriana y logroñesa.

El *Bathonienense* se inicia con calizas en grandes bancos calcáreos, con la zona de *Zigzagoceras* bien caracterizada; pero al pasar al *Bathonienense* Medio la falta de fósiles en toda la zona estudiada hace sospechar que éste no existe representado; finalmente, el *Bathonienense* Superior es rico en *Opplia*, *Perisphinctes* y *Hecticoceras*.

La presencia del *Calloviense* queda bien señalada en su base por la abundancia de *Macrocephalites* (*M. compressus*; *M. subcompressus*; *M. cannizzaroi*), asociados a los *Perisphinctes* y *Reineckeia*. La zona de *R. anceps* está más representada; y la de *Peltoceras athleta*, lo está con *Reineckeia* y *Hecticoceras*.

En Ricla, el *Oxfordiense* está caracterizado por calizas margodetríticas y margas con extraordinaria abundancia de fósiles, ricas en esponjas (*Retispongia*?) y ammonites del *Oxfordiense* superior, varias especies de *Perisphinctes* y *Ochetoceras*, entre las que destacan el *P. plicatilis* y el *O. canaliculatum*. Se trata de las capas de Birmensdorf, muy extendidas en gran parte de la Ibérica.

En Ricla el último horizonte marino es el *Oxfordiense* Superior, y a partir de éste la transición se realiza progresivamente a lo largo de una potente y monótona serie detrítica que detallaremos en el apartado siguiente. Hacia el O. de Ricla y Ciria, las facies marinas desaparecen antes, dando lugar a cuñas constituidas por facies estériles, detríticas de transición o netamente continentales de tipo wealdico de la Sierra de Cameros (prov. de Soria, Logroño y Burgos).

## H — EL MALM SUPERIOR y CRETACICO INFERIOR

Los principales afloramientos en facies wealdica (s. lat.) de la Hoja n.º 32 se encuentran al pie del Moncayo y en el perfil del Jalón, próximo a Ricla.

El *Kimmeridgense*, según JOLY (1926) y RICHTER (1930) se caracteriza por margas grises amarillas, con *Exogyra virgula*, *Gervillia tetragona*, *Corbula mossensis*, *Astrea alveolata*, *Montlivaultia*, sp.

El Malm Superior (*Kimmeridgense*, *Portlandiense*) se puede asociar a la facies weald; ya que según determinaciones de ostrácodos debidas a F. KNEUPER-

HAAK (1966) atribuyeron al Kimmeridgense los depósitos weáldicos de Ortigosa, en Cameros.

La sucesión en Ricla es la siguiente (MENSINK, 1966):

|                   |   |
|-------------------|---|
| WEALD (s. lat.)   | Conglomerados arenosos,   |
| KIMMERIDGENSE (?) | 15 m. Bancos de calizas arenosas, micáceas, con restos fosilíferos.       |
|                   | 13 m. Bancos calcáreos grises, con intercalaciones margosas.              |
|                   | 19 m. Calizas en laminas grises con lenticiones de areniscas.             |
|                   | 53 m. Calizas grises pardas, muy arenosas, con cantos de cuarzo y caliza. |
|                   | 120 m. No hay afloramiento (?).   |
| OXFORD. SUP.      | 5 m. Calizas detríticas y margas grises.                                  |

Las calizas superiores, hacia Olvega, pasan a calizas con ooides, calizas brechoideas y restos orgánicos.

JOLY (1927), por encima del Oxfordiense Superior de Ricla y en unas margas (¿se trata del nivel, no visible, de 120 m. del corte de MENSINK?), cita pequeños ammonites piritíferos, de difícil determinación (*Macrocephalites greppini* De Loriol; *Oppelia rollieri* De Loriol; *O. richei* De Loriol; *Perisphinctes bernensis* De Lorio) que indicarían una edad «lusitaniense». Y en las calizas margosas o margas arcillosas sobreimpuestas, encontró radiolas del *Pseudocidaris mammosa* Agassiz y *Terebratula subsella* Leym., que indicarían el techo del Sequaniense o base del Kimmeridgense.

Encima de estas capas, JOLY cita las capas «de tránsito al Cretáceo»:

- 10 - 15 m. Areniscas grises y conglomerados.
- 4 - 5 m. Areniscas margosas, micáceas, violeta.
- 10 m. Areniscas abigarradas.
- 25 - 30 m. Capas calcáreas apizarradas y calizas negras sublitográficas. Areniscas en grandes bancos, violáceas.
- 5 - 6 m. Bancos areniscoso-arcillosos.
- 4 - 5 m. Bancos de areniscas calcáreas micáceas, pardas.

que atribuye, al igual que MENSINK y TISCHER, a una facies deltaica, de tipo weald que comprendería el Kimmeridgense, Portlandiense y base del Cretácico.

La tendencia estratigráfica consiste en paso lateral de facies a la de tipo weald hacia el NO. (cuenca de Cameros), mediante un sistema de cuñas ma-

rinas muy visible y cartografiado en la zona de la Sierra del Madero (ver MEN-SINK, 1966) y en Olvega; cosa que lleva consigo un aumento muy considerable de potencias en la misma dirección.

En la zona de la Hoja n.º 32 no afloran otras unidades del Cretácico.

## J — EL TERCIARIO

Más de las tres cuartas partes de la Hoja n.º 32 están recubiertas por los terrenos terciarios y cuaternarios pertenecientes, en su mayoría, a la Depresión terciaria del Ebro. Una breve faja, también terciaria, orientada de NO. a SE. en el sector suroccidental de la Hoja, es parte de la Depresión de Calatayud.

### a) Depresión del Ebro

La cuenca terciaria del Ebro es muy disimétrica en cuanto se refiere al reparto de las unidades cronoestratigráficas: el flanco N. o pirenaico presenta una potente serie marina, hasta el Eoceno sup.; luego continental, comprensiva del Eoceno sup, Oligoceno y Mioceno. En el flanco S., en cambio, la serie terciaria es mucho menos potente y reducida en unidades: faltan en absoluto las facies marinas y todo el conjunto estratigráfico, en facies detríticas bastante homogéneas, puede englobar un Paleógeno (quizá sólo un Oligoceno), mal definido, y un Mioceno. Ambas unidades están muy mal representadas paleontológicamente. Solamente se conocen en la Hoja los yacimientos de Monteagudo y Remolinos (del *Vindoboniense*, el primero; y *Burdigaliense-Vindoboniense*, el segundo). De los análisis estratigráficos publicados hasta el presente (CRUSAFONT, TRUYOLS y RIBA, 1966; CRUSAFONT, RIBA y VILLENA, 1966; y QUIRANTES, tesis inéd., 1969) se deduce que una discordancia angular y progresiva separa la base del Aquitaniense del Paleógeno; lo cual hace posible separar, en la cartografía, un Mioceno de la serie subyacente paleógena. Ahora bien, el sector de la Depresión que engloba la Hoja 32 el Paleógeno no llega a aflorar si no es en afloramientos muy reducidos. En la zona S. de Zaragoza hay un gran número de apuntamientos jurásicos desmantelados por la erosión actual, formando paleorelieves fosilizados bajo la cobertera miocénica. El contacto con la Cordillera Ibérica es sinuoso y netamente discordante, con solapamiento de terrenos más antiguos. Los extensos glacis de erosión recubiertos por graveras cuaternarias al pie del Moncayo, y sobre todo en los campos de La Almunia y Cariñena, dificultan mucho la observación del Terciario marginal.

Las formaciones continentales, con sus rápidos pasos laterales de facies no se prestan a un análisis estratigráfico basado en algunos perfiles verticales. Es preferible describir la extensión y colocación de cada una de las formaciones que integran el relleno de la cubeta sedimentaria.

QUIRANTES (1969) distingue en primer lugar una formación central, denominada *Formación de yesos de Zaragoza*, o simplemente *Fm. Zaragoza*, cons-

tituida por yesos masivos, yesos concrecionares o nodulosos; limos y arenas yesíferas con masas de alabastro; margas yesíferas y, subordinadamente, algunos horizontes lenticulares de halita y algunas otras sales solubles como la epsomita, mirabilita o thenardita. En Remolinos, la capa de halita pura que se explota desde la antigüedad, tiene en las minas una potencia de 6 metros. Hay indudablemente otras capas por debajo y siempre en la zona de los Montes de Castejón. QUIRANTES innecesariamente subdivide esta formación Zaragoza en los *miembros Retuerta, Alfocea y Mediana*. Dichos yesos constituyen la parte central del relleno mioceno del Ebro; y pasan lateralmente a formaciones más detríticas. Hacia el SE. de la Hoja n.º 32, los yesos son reemplazados, y en parte los recubre, por la *Fm. Codo*, constituida por margas rojas. Hacia el S. y SO., pasan a la *Fm. Longares*, constituida, primero, por margas rojas que luego se hacen progresivamente más arenosas (con alguna capa calcárea) hasta alcanzar los conglomerados marginales (en general poco coherentes, síliceos o calcáreos según el área fuente de que procedan y la posición estratigráfica de los mismos) de la zona de La Almunia, Cariñena y pie del Moncayo. Los yesos de la *Fm. Zaragoza* pasan lateralmente, al pie de la Muela de Borja, a los conglomerados de *Veruela* y a las margas y calizas de *Tarazona* y *Cascante*. Hacia el NE. de la Hoja, la *Fm. Zaragoza* (los yesos de Los Monegros), pasa en parte a la *formación Alcubierre*; pero sobre todo la parte basal y media enlazan con la *Fm. Sariñena*, formada por margas rojas o pardas y areniscas que se extienden por todo el Somontano de Huesca.

El conjunto que acabamos de describir pertenece a una unidad cronoestratigráfica Aquitaniense-Vindoboniense inf.; con límite superior poco preciso por falta de apoyo paleontológico. Encima de la unidad precedente, descansan varias formaciones, predominantemente carbonatadas, que pertenecen al Vindoboniense Superior y Pontiense, si se las paraleliza con las unidades extraordinariamente fosilíferas de la cubeta de Calatayud.

Las formaciones calcáreas que culminan el relleno mioceno del Ebro, QUIRANTES las denomina: *Fm. La Muela*, *Fm. La Plana* y *Fm. Borja*, las tres situadas al S. del Ebro y separadas por los principales valles tributarios por la orilla derecha del río principal. En la orilla opuesta tenemos las formaciones *Alcubierre*, *Fm. Castelar*, *Fm. Castejón* y *Fm. Bárdenas*. En general se trata de plataformas calcáreas, con bancos, a veces potentes, de calizas; calizas pulverulentas e incoherentes; limos; margas y alguna pasada yesífera. Pueden existir asimismo calizas con nódulos y masas de sílex. Dichas formaciones enlazan genética y estratigráficamente; y constituyen el paso vertical y en parte horizontal de la formación yesífera de Zaragoza.

#### b) Cubeta de Calatayud

Se trata de una alargada depresión de NO. a SE. rellena de materiales terciarios albergada dentro de los macizos paleozoicos centrales de la Ibérica.

Sólo una parte restringida de la misma se encuentra representada en la Hoja n.º 32. Un estudio litoestratigráfico detallado fue realizado por MALDONADO y RIBA y viene a completar las detalladas investigaciones paleontológicas de CRUSAFONT y TRUYOLS (1964); de BRUIJN (1966-1968) y los tectónicos y morfológicos de LOTZE (1929-1961); JULIVERT (1954) y BOMER (1956).

Cronoestratigráficamente esta cubeta está muy bien datada gracias al número, realmente extraordinario, de yacimientos de vertebrados, descubiertos la mayoría de ellos muy recientemente. Por esta razón omitimos reseñar las especies halladas y remitimos al lector a las obras citadas más arriba. El *Burdigaliense* está representado en Torralba de Ribota, Ateca, Valtorres, Valdemoros y Navarrete; el *Vindoboniense*, en Torralba, Sierra de Armantes, Villafeliche, Murero y Manchones; y finalmente el *Pontiense inf.* o *Vallesiense*, en Retascón y Nombrevilla. No sabemos si por debajo del *Burdigaliense* de Calatayud puede existir el Oligoceno (el *Estampiense* como el de Montalbán, al E. de Calatayud), aunque los sondeos realizados en Calatayud (en búsqueda de potasa) pusieron de manifiesto una potencia de más de 300 metros de sedimentos por debajo del Jalón.

Litológicamente cabe distinguir una formación central de evaporitas; especialmente yesos, eventualmente acompañados de halita y algo de epsomita en la parte central; yesos pulverulentos; yesos arenosos con cuarzos idiomorfos y alabastrós y algo de arcillas. Lateralmente, esos yesos pasan a arcillas, margas y algún nivel calcáreo lacustre y éstas a conglomerados especialmente silíceos marginales. Verticalmente los yesos pasan a las calizas de la Sierra de Armantes. Esta formación calcárea contiene además margas y limos. En las calizas son muy frecuentes las masas de sílex y el cuarzo idiomorfo.

La cubeta de Calatayud acusa transversalmente, de NE. a SO., una notable disimetría de desarrollo. Los mayores aportes detríticos, y por lo tanto las formaciones conglomeráticas más extensas procedían del NO., siguiendo el eje principal de la cubeta, y del SO. (formación de Daroca); en cambio las facies yesíferas y calcáreas se desplazaron hacia el NE. (calizas de Daroca-Mainar).

## K — EL CUATERNARIO

Las terrazas del Ebro y tributarios pertenecen a la categoría de terrazas-glacis (según B. BOMER, 1957). Es decir, una *terrazza* «stricto sensu» formada por desplazamientos laterales del río durante una fase de estabilidad, revestida por un manto de graveras poligénicas de origen longitudinal, o sea procedentes de la cabecera del río. Mientras que los *glacis* son extensos planos inclinados hacia el río (es decir, constituyen un tipo especial de ladera) revestidos con gravas monogénicas de procedencia local y lateral, formados bajo condiciones climáticas semiáridas que dieron lugar a una escorrentía en mantos difusos. Los *glacis* se desarrollan especialmente a expensas de materiales tiernos. Generalmente cada terraza, transversalmente plana, enlaza lateralmente con un

glacis, sin solución de continuidad. Las inferiores están encajadas en las más altas y antiguas; lo cual puede llevar consigo, en determinados casos, a verdaderas inversiones del relieve. El reconocimiento de un depósito de terraza de uno de glacis se realiza, de acuerdo con lo dicho, por la naturaleza poligénica o monogénica de las gravas; por el redondeamiento o desgaste de las gravas, etcétera. Sin embargo hay que tener en cuenta que muchas veces, en las terrazas y glacis recientes, los materiales proceden, por haber sido re TRABAJADOS, de niveles superiores más antiguos. Es muy frecuente, asimismo, que las gravas de origen longitudinal estén recubiertas en el Ebro por aportes laterales de los glacis.

El citado autor (BOMER, 1957) reconoce en Zaragoza (Gállego) un sistema de cuatro terrazas-glacis:

- T-1    6 - 8 m.
- T-2    15 - 18 m.
- T-3    40 m.
- T-4    75 - 80 m.

S. MENSUA, por su parte, distingue en el Aragón hasta cinco niveles de terrazas. A ellas podemos añadir la terraza de inundación del Ebro, la cual se halla encajada en la primera. Este hecho, desde el punto de vista hidrogeológico, tiene una gran trascendencia para la captación de aguas.

Tanto las terrazas como los glacis suelen estar revestidos, de modo discontinuo, de limos eólicos, muchas veces de naturaleza yesífera. Se trata del producto de la deflación actual y antigua del polvo salino que se forma en las zonas más áridas, especialmente yesíferas. Otras veces se trata de limos silíceos o mezclados; puros si son eólicos, re TRABAJADOS por las aguas de arroyada en muchos otros casos. Estos limos han sido estudiados por A. TORRAS (1971, Mem. Doct. inéd.).

Los limos yesíferos son muy importantes en todas aquellas áreas en que los yesos están al desnudo (Fm. Zaragoza). Suelen revestir el fondo de todos los arroyos (en esta parte de Aragón, llamados «vales», en femenino). Estas «vales» forman una red muy jerarquizada y apretada, con laderas muy inclinadas, y el fondo plano debido al relleno de los limos mezclados con bloques de calizas y yesos. Se trata de materiales muy porosos que apenas son atacados por la erosión lineal; pues las aguas se sumen rápidamente para circular subterráneamente por el contacto con el substrato, a la vez que se contaminan hasta llegar a la impotabilidad en la mayoría de los casos. J. R. LLAMAS ha dedicado recientemente una monografía a estos materiales limosos tan perjudiciales para el asentamiento de obras públicas. Las «vales» suelen desembocar en el Ebro formando amplios conos de deyección.

QUIRANTES distingue por su composición petrográfica varios tipos de glacis: glacis arcillosos; glacis en terrenos yesíferos; glacis con cortezas calcáreas y los glacis normales.

Aunque el drenaje al mar se ha impuesto en la casi totalidad del valle del Ebro, quedan algunas zonas realmente endorreicas, formándose en la parte más honda lagunas con aguas permanentes o temporales. El mencionado autor distingue genéticamente: lagunas endorreicas por disolución (las de Bujaraloz-Sástago); de origen tectónico o de tectónica salina (laguna de Mediana) y las de origen hidroeólico (como las de la zona de paleocanales de Caspe). En estas lagunas se forma actualmente halita (verano), mirabilita (invierno), epsomita, thenardita y yeso.

La determinación cronoestratigráfica de los distintos niveles de terraza mencionados, aún está por realizar. Se puede decir que el sistema de terrazas escalonadas está encajado bajo la plataforma de graveras altas correlacionables geométricamente con las gravas de Villarroja (Logroño) especialmente desarrolladas en el reborde de la Ibérica (ver el valle del Jalón, en Morata).

## II — TECTONICA

En este capítulo se van a tratar separadamente las estructuras de la Cordillera Ibérica y las de la Depresión del Ebro.

### A — CORDILLERA IBERICA

Es un hecho comprobado por todos los autores que han tratado de la Cordillera Ibérica la superposición de dos estructuras tectónicas: la herciniana y la alpídica. En los macizos paleozoicos, como se verá a continuación, las estructuras adquiridas por una y otra orogénesis son difíciles de diferenciar y ello ha dado lugar a confusión de estilos tectónicos. En las áreas ocupadas por los terrenos mesozoicos, la estructura alpídica de la cobertera a menudo interfiere con las propias del basamento paleozoico, especialmente las cortantes que, a menudo, vuelven a jugar.

Dentro del marco de la Hoja n.º 32 podemos distinguir las unidades siguientes:

- a) Rama castellana o interna de la Ibérica; situada al SO. de la Hoja.
- b) Depresión de Calatayud, rellena de Terciario continental.
- c) Rama aragonesa o externa de la Ibérica. Dentro de esta última cabe distinguir la estructura de los macizos hercinianos; la fosa de Morés; los macizos mesozoicos con núcleo herciniano del NO. del Jalón; las fracturas limitantes con la Depresión del Ebro.

## 1. Estructura de los macizos hercinianos

Según LOTZE (1929), la estructura herciniana tiene un estilo de plegamiento y fractura. Los ejes de plegamiento se alinean preferentemente de NNO. a SSE. o mejor de NO. a SE.; es decir, casi paralelos a los arrumbamientos del plegamiento alpino. Este ángulo de divergencia que es de unos  $40^\circ$  en la Sierra de Albarracín, se hace mucho menor hacia el N., siendo de  $10^\circ$  a  $30^\circ$  en el paleozoico de Calatayud. Todo el conjunto paleozoico de la Hoja n.º 32 queda en la zona NE. de la «divisoria de vergencias» que, según LOTZE va de Ateca a Albarracín. Esta importante línea del conjunto herciniano peninsular se caracteriza estructuralmente por los pliegues verticales y simétricos. Hacia Calatayud, Sierra de Vicort, Sierra de la Virgen, etc., en cambio, la vergencia es netamente hacia el NE., y los empujes de cabalgamiento y traslaciones lo han hecho en igual sentido. Hacia el interior de la meseta la vergencia es opuesta. Todo el conjunto, repetimos, está suavemente arqueado, presentando la concavidad hacia el SO. La mencionada divisoria ha condicionado el reparto de los distintos sistemas paleozoicos, dando el carácter anticlinal de la misma. Sobre ella afloran los terrenos más antiguos: Precámbrico y Cámbrico; mientras que hacia la periferia van aflorando terrenos cada vez más modernos. Véase así la sucesión en la Rama aragonesa de O. a E.: Precámbrico en el Jalón, y sucesivamente, Cámbrico, Ordovícico, Silúrico (S.º de Herrera), Devónico (Nogueras) y Carbonífero (Montalbán).

La estructura de los macizos paleozoicos del valle del Jalón queda reflejada en los cortes de LOTZE (1929, fig. 15) entre Huérmeda y Paracuellos y su posterior modificación (LOTZE, 1956, fig. 5), así como en los mapas de detalles del mismo autor y la modificación propuesta por JULIVERT (1954, figura 2). Según este último autor, la orogénesis herciniana originó estructuras de flexura y pliegues muy poco apretados. Cerca de Calatayud el Paleozoico buzo constantemente hacia el SO. y mantiene una característica de cierta tranquilidad tectónica. Esta sencillez relativa no fue reconocida por LOTZE, ya que interpretó como herciniano un conjunto de cabalgamientos de edad alpídica, con importante componente horizontal; según ya dedujeron RICHTER y TEICHMÜLLER (1933). En efecto, dichos cabalgamientos afectan al Triásico de Morés. Actualmente vemos el conjunto como una estructura imbricada con dos (y no tres) cobijaduras de relativa importancia, pues van acompañadas de milonitas, esquistosidad y demás fenómenos de dinamometamorfismo. Téngase en cuenta que LOTZE y el propio JULIVERT interpretaron como superficie de traslación a la superficie de discordancia Precámbrico-Cámbrico; cosa que rectificó recientemente LOTZE. A este conjunto se añaden fallas transversas de desgarre, arrumbadas al NNE., que fraccionan en bloques los macizos paleozoicos. Las mineralizaciones se han producido con frecuencia en tales accidentes; por ejemplo las baritinas del Paleozoico al O. de Morata.

Hacia el NO., en la Sierra de la Virgen, el macizo Cámbrico formado por

las cuarcitas de Bámbola y las formaciones inmediatamente superiores, está ligeramente plegado y cabalga el Cámbrico Medio de la unidad vecina, situada al NE. La unidad de Herrera, compuesta por todos los sistemas del Carbonífero al Cámbrico (capas de Ateca) se extiende desde Montalbán a las sierras de Herrera y Vicort, y desaparece bajo el Triásico de Mesones, y vuelve a aparecer en el Monegró, al NE. de Mesones y en el Monte de Tabuenca. Esta unidad, vecina a la Depresión del Ebro, está fuertemente replegada. La tectónica secundaria está en relación estrecha con las cobijaduras. En general, los repliegamientos se debilitan hacia el Este.

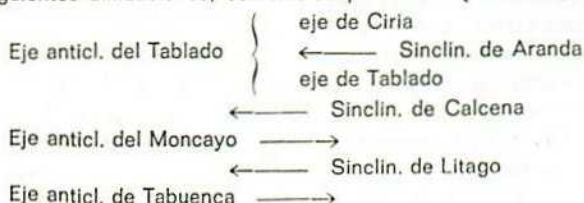
El Cámbrico de la unidad de Badules cubre la de Herrera, y a la vez lo es por la unidad de Bámbola, que es la más occidental y alargada de todas ellas.

Las montañas paleozoicas de Ateca (extremo SO. de la Hoja n.º 32), constituidas por el Cámbrico Medio y Superior, están replegadas regularmente y sin vergencia. Entre Ateca y Alhama, no hay ningún anticlinal con ondulación secundaria en la parte E. Más al O., en Bubierca, el núcleo de un sinclinal presenta señales de un empuje unilateral hacia poniente.

## 2. Estructura de las cadenas alpínicas

La cobertera mesozoica, según sean las distintas unidades estratigráficas, puede haber reaccionado de distinta manera sobre el basamento herciniano ya plegado e inerte. El Triás Inferior, a veces muy potente, está pegado al basamento paleozoico, actuando de «tegumento» tectónico, tal como ocurre muy visiblemente en el enorme domo del Moncayo, y en las Sierras del Tablado y de Tabuenca. Los niveles del Keuper, en cambio, han actuado a modo de superficies de despegue y, con sus materiales arcilloso-salinos, de lubricante; lo cual ha dado lugar a que las unidades estratigráficas superiores se hayan despegado ocasionando una tectónica cuticular con algunos corrimientos. Según RICHTER, este despegue de origen tectónico fue el que ocasionó las grandes y extensas masas de brechas «casi» monogénicas que se encuentran de modo bastante constante entre Ricla y Tabuenca, y las asimetrías de ciertos sinclinales de Carniolas y Jurásico. A nuestro modo de ver, como ya se ha anotado en el capítulo de estratigrafía del Lías, se trata de brechas producidas por «slumping» gravitatorio y un desmantelamiento previo de algunos niveles del Triás (de todos modos se trata de una cuestión abierta).

Los ejes de plegamiento, arrumbados claramente de NO. a SE., forman las siguientes alineaciones, con núcleo paleozoico (RICHTER, 1930):



La vergencia, en el sector abarcado por la Hoja n.º 32, es netamente hacia el nordeste; lo cual viene avalado por las fallas inversas o cobijaduras de plano inclinado hacia el SO. Véase, por ejemplo, la gran dislocación de más de 60 kilómetros de longitud Olvega-Mués-Codos, situada en el flanco oriental de la Sierra del Tablado. Otra muy destacada es la de Agreda-Talamantes, situada en el flanco oriental del Moncayo.

Estos grandes cabalgamientos afectan tanto al Paleozoico como a la cobertura. Cuando ésta desaparece, como ocurre al S. del Jalón, afectan sólo al Paleozoico, como hemos anotado en el capítulo anterior.

Como el mismo RICHTER concluye, las estructuras mencionadas, como la del domo del Moncayo, con núcleo paleozoico, cabalgando en Litago y Añón el Jurásico y Wealdico, son estructuras en «semihorsts»; y otras son horsts anticlinales. El núcleo se ha despegado a lo largo de fallas cabalgantes contra el sinclinal adyacente.

La fosa de Morés, fue estudiada detalladamente por LOTZE (1929) y RICHTER (1930). Así vemos como el macizo paleozoico de Sierra de la Virgen se acerca mucho al de Arándiga, comprimiendo el sinclinal de Calacena que deriva, hacia el SE. a la especial estructura en graben limitada por fallas inversas (algunos autores la llaman estructura en «blague-à-tabac»). En este caso, ambas fallas cabalgantes vergen al NE. Especialmente, la occidental es la que ha tenido una componente horizontal más importante. Se trata de la misma falla que limita por el E. de la Sierra del Tablado; aquí cobija el Triásico e incluso las Carniolas de la fosa, a la vez que los repliega intensamente. La fractura oriental es, en cambio, más próxima a la vertical. Fallas de desgarre, OSO.-ENE., complican los bordes y la estructura de la fosa de Morés.

*La depresión de Calatayud.* Depresión emplazada en un conjunto de bloques paleozoicos deprimidos durante el Terciario y rellenos de sedimentos miocénicos. Su evolución, como indica JULIVERT (1954) está íntimamente ligada a las características de la «Rama aragonesa», vergente al nordeste. La depresión (o mejor fosa) de Calatayud ha sido esbozada como consecuencia de una o dos fases orogénicas de mediados del Terciario que han fragmentado el zócalo paleozoico a lo largo de accidentes longitudinales, individualizando dos áreas levantadas marginales, separadas por otra hundida. En su flanco NE., la fosa está constituida por un sistema de fallas normales o distensión en relevo que hunden la depresión. Este sistema dejó de moverse antes del depósito de las evaporitas y material detrítico marginal del Mioceno Superior. El borde opuesto, como bien se ve en los perfiles de BOMER (1956), encierra características diferentes. Hacia Daroca, el Mioceno de la depresión aparece basculado hacia el NE., cosa que se ha proseguido incluso después del depósito, y que fue motivo de la asimetría de facies citada anteriormente en el capítulo sobre el Mioceno. El cabalgamiento del Cámbrico sobre el Mioceno de Daroca hay que interpretarlo como un fenómeno de compresión vergente al NE. de los bloques paleozoicos durante el Terciario, seguidos inmediatamente de fase de distensión,

con hundimiento, según fallas normales, de los bloques meridionales al cabalgamiento. En la depresión de Daroca-Calatayud, ha habido dos fases de compresión: una intrapaleógena y principios del Mioceno, formando un gran anticlinal de fondo, seguida de intensa erosión que dismantelaría la cobertera mesozoica, seguida de fase de distensión con esbozo de la fosa de hundimiento. En la zona de Ateca, puede hablarse, como dice JULIVERT, de una verdadera fosa tectónica, cuyas líneas de fractura han sido fosilizadas por el Mioceno.

El borde de la Cordillera Ibérica con la depresión del Ebro, constituye para nosotros estructuras similares a las que hemos descrito para la depresión de Calatayud. Fallas cabalgantes, con cobijadura de los conglomerados paleógenos (como nos hizo observar el profesor MENSUA en la rampa NE. de la Nacional 2 hacia el puerto de La Almunia) y fallas normales que, en fases posteriores, han dado lugar a la gradería de bloques con descenso hacia el centro de la depresión del Ebro. Por desgracia, el conjunto no puede observarse con el detalle que requeriría debido al recubrimiento por los materiales detríticos miocenos y los glaciares cuaternarios.

## B — LA DEPRESION DEL EBRO

De acuerdo con José QUIRANTES (1969), aunque la parte de la depresión del Ebro comprendida en la Hoja n.º 32 no tiene estructuras acusadas, no puede decirse de ella que constituye un conjunto sedimentario tabular y plano; sería desde luego una afirmación bastante incorrecta y alejada de la realidad. Se trata de terrenos miocenos post-alpínicos; y por lo tanto las deformaciones que ellos han sufrido son relativamente poco enérgicas, y de ordinario los buzamientos medidos son inferiores a los tres grados, sin rebasar casi nunca los ocho grados. Por estas razones puede ser objeto de críticas el hablar de plegamientos anticlinales y sinclinales cuando nos encontramos ante deformaciones tan suaves y de radio tan grande como las que a continuación vamos a describir. De acuerdo con el mapa morfoestructural de QUIRANTES, distinguimos ejes de orden mayor y otros de orden menor, atendiéndonos solamente a la longitud y amplitud de los mismos.

### a) Ejes de orden mayor:

*Sinclinal del Ebro*: se extiende de Logroño a Zaragoza y Sástago. Sigue prácticamente el curso del Ebro.

*Sinclinal del Huerva*: orientado de N. a S. Sigue el curso del Huerva y, en cierto modo, es la prolongación del siguiente:

*Sinclinal del Gállego*: también orientado de N. a S., se extiende de Guareña de Gállego a Zaragoza. N25E.

*Sinclinal del Arba*: entre Gallur y Egea, de N. a S.

*Sinclinal de Ballobar - Alcubierre*, dirigido de ONO. a ESE., entre ambas poblaciones. Se puede considerar que llega hasta el Gállego.

*Anticlinal de Alcubierre:* sigue aproximadamente los relieves calcáreos de la Sierra de Alcubierre.

*Anticlinal de la Almolda:* afecta a la Sierra de Santa Quiteria. N60E.

*Domo de los Montes de Castejón:* conjunto levantado, limitado por los sinclinales del Ebro, Arba y Gállego; está afectado por dos sinclinales de orden menor, el anticlinal de la Plana de Castejón y el domo de las Minas de Remolinos.

*Sinclinal de Azuara:* situado al S. de los macizos mesozoicos de Fuentetodos-Belchite.

b) Como ejes de orden menor cabe citar los acabados de reseñar dentro del domo de los Montes de Castejón; los sinclinales situados entre los afloramientos mesozoicos del área meridional de Zaragoza, mientras que éstos plegan en anticlinales. La Muela de Zaragoza constituye un sinclinal con algún plegamiento; entre el Gállego y el Flumen, QUIRANTES registra cinco ejes de orden menor paralelos al Ebro.

El citado autor ha intentado poner de manifiesto las relaciones que puede haber entre las estructuras superficiales que acabamos de reseñar y las propias del substrato mesozoico, debidas al plegamiento alpidico. Gracias a los datos proporcionados por ENPASA y VALDEBRO, que han trabajado haciendo prospecciones petrolíferas en un área del Ebro, no muy grande por cierto, se han podido comparar las estructuras superficiales con las deducidas por sondeos y prospección sísmica. Se ha trazado un mapa de isobatas de la superficie de separación de las formaciones continentales con las mesozoicas y terciarias. Según estos datos parece existir un paralelismo entre ambos tipos de estructuras, aunque no siempre se cumple. Las estructuras del substrato mesozoico se han movido «póstumamente» dando lugar en muchos casos a deformaciones del mismo signo del Terciario mioceno superficial.

El mapa de isobatas de la superficie Terciario continental/Mesozoico marino, demuestra un hundimiento progresivo, hacia el Pirineo. Al S. de Zaragoza, la cobertera es tan delgada que la erosión ha puesto al día las estructuras mesozoicas con un relieve fosilizado por el Mioceno transgresivo y discordante (discordancia angular de erosión). Al N. del Ebro, bajo un Terciario más potente, la discordancia es igualmente angular, pero aquí fosiliza una superficie de erosión. Más al N. aún, el Terciario continental (Oligo-Eoceno) descansa concordantemente sobre el Eoceno marino, separándolos el episodio salino, equivalente de las formaciones potásicas de Cataluña y Navarra.

Hagamos notar, finalmente, que de acuerdo con lo expuesto, los grandes troncos fluviales de la depresión del Ebro hayan podido fijar su emplazamiento de acuerdo con los grandes sinclinales de primer orden señalados anteriormente; los interfluvios, en cambio, están ocupados por las deformaciones positivas, domos o anticlinales.

### III — SINTESIS EVOLUTIVA

Agrupando en un cuadro y en riguroso orden histórico los principales acontecimientos geológicos registrados en el ámbito de la Hoja n.º 32, proponemos la siguiente síntesis evolutiva:

**PRECAMBRICO:** Depósito de argilitas de las «Capas de Paracuellos», actualmente algo metamórficas.

~ Plegamiento precámbrico. Discordancia angular asintica.

**CAMBRICO:** Sedimentación marina; carácter transgresivo en el Cámbrico Inferior y Medio; regresivo en el Superior. Grandes potencias de sedimentos procedentes del SE. durante el Cámbrico Inferior y Medio; procedentes del NE. durante el Cámbrico Superior.

~ Plegamiento suave en el Cámbrico sup. Discordancia sarda.

Hiato sedimentario en el Tremadoc (?).

**ORDOVICICO:** Depósitos pelágicos en el área peninsular SO., litorales en el NE. Carácter transgresivo de los depósitos ordovicicos, regresivo en la parte culminante de la serie (Ashgill-Valentiense inf.).

**SILURICO:** Nueva transgresión durante el depósito de las pizarras con graptolites; regresión al final (?).

**DEVONICO Y CARBONIFERO:** No afloran; se desconoce si se depositaron. El Devónico es probable, aunque desapareció por erosión. El Carbonífero es marino hacia el E. (Montalbán), con facies flysch y erupciones submarinas; quizá el área fuente se hallaba en el geanticlinal del Jalón, Estefaniense, discordante y continental en Molina.

~ Plegamiento enérgico, pre-estefaniense, fase astúrica. Laguna sedimentaria. Discordancia angular pre-estefaniense. Efusiones ácidas.

**PERMICO (?)**: No identificado en la Ibérica; aunque probable se encuentre en facies rojas fluvio-costeras en algunos surcos o cubetas de la Ibérica. En general, laguna sedimentaria. Continúa la erosión con formación de penillanura.

**TRIASICO:** Comienza (Buntsandstein) con depósitos rojos de conglomerados y areniscas fluviales-costeras con los que se inicia la transgresión epicontinental (Muschelkalk) y termina con el depósito lagunar evaporítico del Keuper.

~ Movimientos epirogénicos, de la fase cimmérica, afectan la banda móvil Trasobares-Morata-Almonacid, con erosión y depósito por slumping de masas de brechas calcáreas.

Se inicia en el Rhetiense la transgresión jurásica del mar epicontinental, con depósito de carníolas y dolomías; y se continúa en el

**LIASICO:** con calizas masivas, con fauna marina típica a partir del Sinemuriense Superior. Máxima transgresión en el Toarciense. Algunos hiatos o condensaciones durante el Lias Medio.

**DOGGER+MALM:** Se inicia la regresión a partir del Bajociense, con dos hiatos estratigráficos; facies progresivamente más costeras; el de Bathoniense y Calloviense la sedimentación marina se limita en el surco oriental de la Ibérica; y en el Oxfordiense con facies marinas aún hasta Agreda, se pasa a las facies continentales wealdicas de la zona de Cameros. Más al SE, la sedimentación marina se prosigue durante el Kimmeridgense, en facies nerítico-costeras.

**MALM SUP./CRETACICO INF.:** Se registra en todo el ámbito de la C. Ibérica el paso a las facies wealdicas, detríticas continentales o lacustres.

~Movimientos epirogénicos, correspondientes a las fases neociméricas, individualizan la fosa sedimentaria de Cameros y el umbral o macizo levantado de Ateca.

La transgresión del mar epicontinental aptense no alcanza la zona del Jalón.

**CRETACICO:**

~Fase suave de plegamiento áustrica preforma el plegamiento alpídico en el tránsito del Aptense al Albense. Debido a ello el área de la Hoja 32 continúa emergida y sin depósito (Ateca) hasta el Albense. Discordancias angulares muy localizadas.

Aunque no están representados ni el Albense ni el Cretácico Superior, es muy probable se produjera el depósito, para ser desmantelado en el Paleógeno.

**PALEOGENO:** Depósitos conglomeráticos, arcillosos rojos y detríticos en general se depositaron simultáneamente con las primeras fases del plegamiento alpídico, tanto en la depresión de Calatayud-Montalbán, como en el reborde de la depresión del Ebro. Afloramientos reducidos.

~Fases de plegamiento intrapaleógenas. En Montalbán hay una pre-stampiense y otra post-stampiense-preaquitaniense (pirenaica y helvética, respectivamente), como se observa también en Cetina.

Durante estas fases se esbozan las depresiones de Calatayud y del Ebro, y se inicia y mantiene la sedimentación en régimen continental endorreico.

**MIOCENO:** Depósitos continentales en cuenca endorreica tanto en el Ebro como en la fosa de Calatayud que dan paso a evaporitas (yesos, halita) en el centro de las cubetas, y a materiales carbonatados, arcillosos y sobre todo detríti-

cos en los bordes. Descansan sobre la superficie de discordancia preaquitaniense (fase helvética).

~En la fosa de Calatayud, antes o durante el Burdigaliense se registra una fase de compresión que da lugar al cabalgamiento de Daroca.

Depósitos predominantemente calcáreos (calizas de los páramos) caracterizan el final del depósito mioceno. Este cambio vertical puede ser atribuido a una humidificación del clima (BOMER), cosa que para nosotros no coincide con los datos paleontológicos, sino al paso a un régimen exorreico, con evacuación de las sales solubles al mar. Coincide con una etapa de tranquilidad tectónica y formación de extensas superficies de erosión «finimiocenas» (SOLE SABARIS).

#### PLIOCENO + CUATERNARIO:

~Fases de deformación post-pontienses han dado lugar a algunos rejuegos de bloques y deformaciones del Mioceno de las depresiones del Ebro y Calatayud.

Encajamiento general de la red fluvial; dismantelamiento de las grandes cubetas.

Depósitos detríticos sobre las superficies de aplanamiento pliocenas y cuaternarias; formando los piedemontes, glaciares y terrazas fluviales de los grandes troncos fluviales.

~Los yesos paleógenos y miocenos del Ebro al moverse diapíricamente, o al fluir sobre la misma capa, han dado lugar a deformaciones de las gravas cuaternarias, visibles en la Ribera de Navarra; y en los alrededores de Zaragoza (ver BOMER y RIBA, 1963).

## BIBLIOGRAFIA

### CONSULTADA

- AGUILAR, C.—*Mioceno lacustre en la comarca bilbilitana*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.; t. 2, pp. 312-327. 1902.
- ALASTRUE, E.—*Las formaciones el Terciario continental entre Egea de los Caballeros y Tauste (Zaragoza)*. Not. y Com., IGME, n.º 33, pp. 71-80. 1954.
- *Bibliografía geológica de la provincia de Zaragoza*. Rev. de Acad. de Ciencias de Zaragoza, n.º 8 (1.º), pp. 59-85, 1 map. E.: 1:600.000. 1953.
- ALASTRUE, E.; ALMELA, A.; RIOS, J. M.—*Explicación del Mapa geológico de Huesca*. Inst. Geol. Min. Esp. 253 pp, 3 láms., 49 figs., 1 map. E.: 1:200.000. 1957.
- ARRIBAS, A.—*Yacimientos Alpinos de Uranio en España*. Est. Geol. Vol. 16, n.º 2, pp. 103-107. 1960.
- BATALLER, J. R.; LARRAGAN ALFARO, A.—*Explicación de la Hoja n.º 352 Tabuena (Zaragoza)*. Inst. Geol. Min. Esp. 1 map. E.: 1:50.000. 1955.
- BEUTHER, A.; DAHM, H.; KNEUPER-HAAK, F., y MENSINK, H.—*Der Jura und Wealden im Nordöst-Spanien (Sierra de los Cameros)*. Beih. Geol. Jahrb., n.º 44, 225 pp. Tomo completo; 1 map. E. 1:200.000. 1966.
- BOMER, B.—*Trois aspects du contact entre Montes Celtibériques Occidentaux et Bassin de l'Ebre*. Bull. Ass. Fr. Geog., n.º 239-240, pp. 35-41. París. 1954.
- *Aspects morphologiques du bassin de Calatayud-Daroca et de ses bordures*. Bull. Ass. Géogr. Fra., n.º 261-262, pp. 186-184. París. 1956.
- *Itinéraire: Jaca, Huesca et Saragosse*. INQUA, V Congrès International. Livret-guide de l'excursion N. Pyrénées, Barcelona, pp. 90-101. 1957.
- *Aspectos morfológicos de la Cuenca de Calatayud y de sus zonas marginales*. Est. Geogr. año 21, n.º 80, pp. 893-402, 8 figs. Traducción por O. Riba. 1960.
- y RIBA, O.—*Deformaciones tectónicas recientes por movimientos de yesos en Villafranca de Navarra*. I Coloq. Int. sobre Obras Públicas en terrenos yesíferos. T. 5. Comunic., Tema 6, pp. 13-22. Serv. Geol. O. P. 1962.

- BONNARD, E. G.—*Los accidentes de la parte meridional de la Depresión del Ebro*. Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp., n.º 53, pp. 81-86, 2 láms. 1959.
- *Algunas observaciones sobre la carencia de Cretáceo en el borde meridional de la depresión terciaria del Ebro, entre Calanda y La Almunia de Doña Godina*. Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp., n.º 53, pp. 57-80, 1 fig. 1959.
- BOULARD, P. F.—*Sur les faciès et l'extension du Jurassique supérieur au Sud de Saragosse (Espagne)*. C. R. Ac. Sc. Paris, t. 263, p. 220-223. 1966.
- BRUIJN, H. De.—*Miocene Gliridae, Sciuridae and Eomyidae (Rodentia, Mammalia) from Calatayud (prov. Zaragoza, Spain) and their bearing on the biostratigraphy of the area*. Tes. Doct. Univ. Utrecht (res. tes. 16 pp., 2 figs.). 1965. IDEM. *Gliridae, Sciuridae y Eomyidae miocenos de Calatayud (Zaragoza) y su relación con la bioestratigrafía del área*. Bol. Inst. Geol. Min. Esp., n.º 78, pp. 190-365, 1 map. E.: 1:65.000. 1967.
- BRUIJN, H. De, and MEIN, P.—*On the mammalian fauna of the Hipparion-beds in the Calatayud-Teruel basin (prov. Zaragoza, Spain)*. Proc. kon. nederl. Ak. Wetensch. V. 71, n.º 1, pp. 73-90, 1 fig., 2 pl., 1 tabla. 1968.
- CRUSAFONT, M., et TRUYOLS, J.—*Aperçu chronostratigraphique des bassins de Calatayud-Teruel*. 2.º Reunión Comité del Neógeno Mediterráneo Sabadell-Madrid 1961. Cursill. y Conf. Inst. «L. Mallada», n.º 9, pp. 89-92. 1961.
- CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F. de, y JULIVERT, M.—*Notas para la estratigrafía y paleontología de la Cuenca de Calatayud-Teruel*. Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp., n.º 90, p. 53-76, 1 fig. 1966.
- CRUSAFONT, M.; VILLALTA, J. F. de, y TRUYOLS, J.—*Definición estratigráfico-paleontológica de la cuenca terciaria de Calatayud-Teruel*. Cursill. y Conf. Inst. «L. Mallada». CSIC., n.º 4, pp. 89-91. 1957.
- ENPASA.—*Hoja de Pina de Ebro*. Mapa Geológico, n.º 412, E.: 1:50.000. Inéd.
- *Hoja de Longares*. Mapa Geológico, n.º 411, E.: 1:50.000. Inéd.
- FRUTOS MEJIAS, M. L.—*Los glaciares del Campo de Zaragoza*. Aport. Esp. al Congr. Int. Geogr. India 1968. Inst. Geogr. Aplic. CSIC., pp. 422-429.
- GARRIDO MEGIAS, A.—*Estudio geológico del borde N. de la cadena Ibérica, zona de Montalbán-Belchite-Muel*. ENPASA, n.º 2.803, 1 vol., 1 mapa escala: 1:50.000. Inéd.
- HERNANDEZ SAMPELAYO.—*Isleños de Aragón y otros referidos*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., t. 45, pp. 369-475, 2 mapas E.: 1:300.000-1:400.000. 1942.
- JOLY, H.—*Etudes géologiques sur la Chaîne Céltibérique (Provinces de Teruel, Saragosse, Soria et Logroño; Espagne)*. Congr. Geol. Int. Madrid; C. R. 14 Sess., 2 fasc., pp. 523-584. 1927.
- JULIVERT, M.—*Observaciones sobre la tectónica de la depresión de Calatayud*. «Arrahona», 1954; pp. 1-18, 6 figs. Sabadell.
- LOTZE, F.—*Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. Beit. z. Geol. Westl. Mediterr. Gebiet, n.º 3. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., N. F., t. 14, n.º 2. Berlín, 1929. IDEM. *Estratigrafía y*

- tectónica de las Cadenas Paleozoicas Celtibéricas. Publ. Extr. Geol. Esp., n.º 8; pp. 1-315; 1 mapa E. 1:600.000. 1954-1955.
- LOTZE, F. *Über Analogien zwischen den Faziesverhältnissen des Tertiärbeckens von Calatayud (Spanien) und des deutschen Zechsteinbeckens*. Z. Deutsch. Geol. Ges., t. 80, Montsber., p. 151. Berlin, 1928.
- *Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. Beitr. z. Geol. d. West. Medit. Geb., n.º 3. Abh. Ges. Wiss. z. Göttingen, Math. Phys. Kl. N. F., t. 14, n.º 2, Berlin, 1929.
- *Übersichtskarte des Paläozoikums der Keltiberischen Ketten*. Escala 1:600.000 (en colores), 2 cortes de conjunto a 1:400.000. Publ. en (213) Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl. Bd., n.º 3, p. 320. 1929.
- *Mapa geológico de la parte O. de los Pirineos y E. de la Cordillera Cantábrica*. Escala 1:200.000. Publ. Compañía Petrolífera Ibérica, S. A. Lithographie und Druck: Wukly Grösschen K. G. Dortmund. 1958.
- *Zur Tektonik der östlichen Sierra de la Demanda*. N. Jahrbuch f. Geologie u. Paläontologie, Monatshefte. pp. 385-393, 5 figs. 1959.
- *Sobre la tectónica de la parte oriental de la Sierra de la Demanda*. Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp., n.º 57, pp. 183-192. Madrid. 1960.
- *El Precámbrico en España*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min de Esp., n.º 60, pp. 227-240. Madrid, 1960.
- *Sobre la estratigrafía del Cámbrico español*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. Esp., n.º 61, pp. 131-164. Madrid. 1961.
- *Das Kambrium Spaniens Teil. I: Stratigraphie*. Abh. der Math. Naturwiss. Kl., Jahrg. 1961, n.º 6. Akad. Wiss. u. Lit., 498 pp., 48 figs., 12 tabs. Wiesbaden. 1961. Ver trad. española Mem. IGME, 1970.
- LOTZE, F., und SDZUY, K.—*Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten*. Abschnitt, 1 und 2. Abh. der Math-Naturwiss. Kl. Jahr. 1961, n.º 7, 594 pp., 23 figs., 15 pl., y n.º 8, 693 pp., 30 figs., 19 pl. Akad. Wiss. u. Lit. Wiesbaden. 1961.
- LLAMAS MADURGA, M. R.—*Estudio geotécnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales*. Bol. Inf. y Est. Serv. Geol. O. P., n.º 12, pp. 1-192, 1 map. E. 1:280.000. 45 fots. 38 figs. 1962.
- *Las minas de sal gema de Remolinos (Zaragoza) y la geología de sus proximidades*. Bol. R. S. E. H. N., n.º 57, pp. 33-47, 1 map. E. 1:100.000. 1959.
- MALDONADO, A., y RIBA, O.—*Cuenca de Calatayud y Sierra de Armantes*. Mapa geol. E. 1:35.000. Mem. V Reunión Grupo Esp. de Sedimentología. 1969.
- MALLADA, L.—*Descripción física y geológica de la provincia de Huesca*. Mem. Com. Map. Geol. Esp., t. 6; 1 mapa, E. 1:400.000. 1878.
- MARTIN DONAYRE, F.—*Mapa provincial de Zaragoza*. Inst. Geol. Min. Esp. Com. Map. Geol. Esp. 1 mapa E. 1:400.000. 1866.
- MENSINK, H.—*Stratigraphie und Paläogeographie des marinen Jura in den nord-*

- westlichen Iberischen Ketten (Spanien). Beih. Geol. Jb., t. 44, pp. 55-102, 4 figs., 17 tabs. Hannover. 1966.
- PINILLA NAVARRO, A.—*Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca terciaria del Ebro*. 1.ª parte de Mem. doct., Fac. Farmacia, Madrid; 330 pp., 23 figs., 10 fots. 1966.
- PINILLA, A.; RIBA, O., y PEREZ MATEOS, J.—*Estudio sedimentológico de la zona aragonesa de la cuenca del Ebro*. Brev. Geol. Astur., V 11, n.º 1-4, pp. 145-148.
- QUIRANTES PUERTAS, J.—*Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, pp. 1-101, 1 mapa, E. 1:100.000. 1969 (inéd.).
- *Nota sobre las lagunas de Bujaraloz-Sástago*. Geographica Año XII, enero-diciembre 1965, pp. 30-34. 1965.
- *Un tipo de roca poco conocido: las arenitas yesíferas de los Monegros*. Brevia Geol. Astúr., v. 11, n.º 1-4, pp. 115-126. 1968.
- *Estudio sedimentológico de las calizas del Terciario continental*. Breviora Geol. Astúr., v. 11, n.º 1-4, pp. 109-114. 1968.
- RIBA ARDERIU, O.—*Bibliografía geológica y fisiográfica de la provincia de Teruel*. Rev. «Teruel», C. S. I. C., t. 1, n.º 2. Teruel. 1949.
- RIBA, O., y LLAMAS, M. R.—*Libro-guía del viaje estudio n.º 3 «Canal de Lodosa-Presa de Allos»*. Ir. Coloquio Int. sobre las Obras Públicas en terrenos yesíferos, 34 pp., 6 figs., 2 fots. Madrid. 1962.
- *Libro guía del viaje estudio n.º 4 «Canal Imperial de Aragón»*. I Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos. Serv. Geol. de Obras Públicas, pp. 3-18, 16 figs. 1 fot. 1 pl. 1962.
- *Libro guía del viaje estudio n.º 5 «Canales de la Violada, Monegros y Flu-men»*. I Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos. Ser. Geol. de Obras Públicas, pp. 3-21, 4 figs., 3 fots., 1 mapa. 1962.
- RIBA, O., y MALDONADO, A.—*Las minas de sal de Remolinos (Zaragoza)*. Guía Excurs. de la «V Reunión del grupo español de Sedimentología», Pamplona-Zaragoza», 1969.
- RIBA, O., y RIOS, J. M.—*Observations sur la structure du secteur Sud-ouest de la Chaîne Ibérique (Espagne)*. Soc. Géol. Fr., Livr. Mem. P. Fallot, t. I, pp. 275-290. Paris. 1960-1962.
- RICHTER, G.—*Zum Tektonik du keltiberischen ketten*. Abhand. Gesell. Wissen. Goth., n.º 5. Tomo completo 1 mapa E. 1:400.000. 1930.
- *Las Cadenas Celtibéricas entre el Valle del Jalón y la Sierra de la Demanda*. Publ. Ext. Geol. Esp., n.º 9, pp. 62-142, 1 mapa E. 1:400.000. 1930.
- *Fenómenos de despegue del Triás*. Publ. Ext. Geol. Esp., n.º 9, pp. 53-59, 1 mapa E. 1:75.000. 1956.
- RICHTER, G., und TEICHMÜLLER, R.—*Die Entwicklung der Keltiberischen Ketten*. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., H. 2, n.º 7. Berlin. 1 mapa geológico. 1933.

- RIVED, F.—*Los hierros de la cuenca del Izuela, Tierga, etc. (Zaragoza)*. Cat. Des. Cri. Min. T. 1, p. 155. 1933.
- ROMERO ORTIZ, J.—*Las sales alcalinas en las provincias de Zaragoza y Huesca*. Cat. Des. Cri. Min. T. 1, pp. 160.
- ROMERO ORTIZ DE VILLACIAN, J.—*Los hierros de Tabuenca (Zaragoza)*. Cat. Des. Cri. Min. T. 2-2, pp. 347-350. 1934.
- RUIZ DE GAONA, M.; VILLALTA COMELLA, J. F., y CRUSAFONT PAIRO, M.—*El yacimiento de mamíferos fósiles de las yeseras de Monteagudo (Navarra)*. Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.; n.º 16, pp. 157-182, 3 láms. 1946.
- SERV. GEOL. DE O. PUBLICAS.—*Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos*. Serv. Geol. de Obras Públicas (Estudio n.º 5). Tomo completo, 1 mapa E. 1:270.000. 1962.
- TISCHER, G.—*Geologische Untersuchungen im Wealden der Sierra de los Cameros (Nordwestlichen Iberische Ketten)*. Diss. Math.-Nat. Fak. d. Rhein. Friedr. Wilh. Univ. 38 S. 41 Abb. 4 Taf. Bonn. 1956.
- *Datos geomorfológicos sobre la cuenca superior del río Alhama*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. Esp., n.º 84, pp. 55-92 Madrid. 1966.
- *Über die Wealden-Ablagerung und die Tektonik der östlichen Sierra de los Cameros in den nordwestlichen Iberischen Ketten (Spanien)*. Beih. Geol. Jb., t. 44, pp. 123-164, 5 tabs., 14 figs., 1 mapa por A. Beuther und G. Tischer. 1966.
- *El delta wealdico de las montañas ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos*. Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de Esp., n.º 81, pp. 57-78. 1966.
- TORRAS FOULON, A., y RIBA ARDERIU, O.—*Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la depresión del Ebro*. Brev. Geol. Astúr. V. 11, n.º 1-4, pp. 127-140. Oviedo, 1968.
- UREÑA, R. DE.—*Canal de Monegros, su conservación y explotación en terrenos yesíferos*. Geol. de O. P., n.º 2, pp. 391-430, 1 mapa E. 1:789.000. 1962.
- VALDEBRO.—*Map. of Tabuenca-La Almunia area*. Valdebro, 1 mapa E. 1:50.000. 1954.
- *Geological map of the Northeast Side of the Iberica mountains*. Valdebro, 1 mapa E. 1:200.000. 1955.
- VALLE, J.—*Mapa de la provincia de Navarra*. 1 mapa E. 1:200.000. 1969. Dip. Foral de Navarra. Pamplona.
- VILLALTA, J. F. de, y CRUSAFONT PAIRO, M.—*Noticia preliminar sobre una fauna de mamíferos aquitanienses en Cetina de Aragón (Zaragoza)*. «Las Ciencias», año 10, n.º 4. 1945.